

Influencia de los factores climáticos en el cálculo de los ciclos biológicos de los insectos

por

Modesto Quilis Pérez

Estación de Fitopatología Agrícola, Burjasot (Valencia).

En nuestros estudios sobre la utilización de los insectos beneficiosos nos hemos encontrado con una serie de cuestiones a resolver que son ciertamente la clave de multitud de problemas que difícilmente tendrían solución dentro de las ciencias naturales, si no fuese porque otras ciencias, como las matemáticas, nos prestan su concurso y, con la observación y experimentación complementarias, nos ayudan a resolverlos.

Es natural que estos problemas se planteen cuando, como en esta época, no nos limitamos a colocar, junto al insecto productor de la plaga, el parásito destructor, abandonando a su instinto y a las condiciones del medio su actuación más o menos rápida y beneficiosa. A la época que Silvestri denomina *época de aplicación* ha sucedido otra en la que las observaciones son minuciosas, se estudian otros problemas y, sobre todo, se quiere economizar tiempo y dinero, prescindiendo de aquellos insectos beneficiosos que, después de estudiadas sus condiciones de vida, no reúnan las de economía y utilidad apropiadas.

En relación con estas cuestiones hemos creído que tal vez la más interesante es la que se refiere a la observación del fenómeno de aparición y desaparición periódica de una plaga o de los insectos que la destruyen, es decir, cuando el insecto útil sigue en su desarrollo una marcha ascendente hasta llegar a un máximo de ataque o descendente hasta hacer posible la desaparición brusca y en algunos casos la no aparición del huésped o del parásito.

Sobre estos fenómenos biológicos, que a la vez caen dentro de la economía por la importancia de la riqueza destruida, son muy pocos los entomólogos que han dedicado un estudio profundo como se merece el tema, puesto que sólo están en condiciones de hacerlo aquellos que sistemáticamente hayan hecho observaciones sobre el desarrollo de muchas plagas y de sus parásitos naturales o importados, y esto, como sabemos, presenta muchas dificultades. Thompson, Howard, Marchal y algunos más son los primeros que han señalado los fenómenos a que hacemos referencia, y aun siendo tanta la autoridad de estos sabios, no parece que sus estudios hayan

sido continuados ni siquiera aplicados, porque los naturalistas que se dedican a estas cuestiones parece que fían más en la acción instintiva de los insectos entre sí que en complicados cálculos y estudios de biología comparada, que, en definitiva, son los que explicarán y resolverán dudas insolubles, ahorrando tiempo y economizando dinero.

Es indudable que las plagas no presentan todos los años la misma intensidad en el ataque y destrucción de cosechas por la acción de varios factores, que son de dos clases: ecoclimáticos y ecobiológicos. Los primeros tienen una influencia tal vez mayor que los segundos, aunque la acción de éstos sea muy intensa, incluso sobre plagas importadas, pues siempre hay algún parásito polífago autóctono que extiende su acción entre los congéneres de las especies que habitualmente parasitiza.

A los factores ecoclimáticos se les concede cada vez más importancia, llegando a ser modernamente considerados como los más influyentes en el control de plagas. También creemos semejante cosa, pero es necesario ponderar debidamente todos los valores.

A la época moderna de aplicación racional de la lucha biológica, que para nosotros comienza en 1922, cuando aparecen los trabajos de W. R. Thompson sobre parasitismo de los insectos, se nota en el estudio de estos fenómenos un empirismo tal vez exagerado que relega a un segundo término lamentable las cuestiones por ellos sugeridas, ya que para algunos entomólogos los factores ecológicos o carecían de importancia o, si la tenían, no era necesario estudiar su influencia, puesto que actuaban sobre el huésped a la vez que sobre el parásito. Esta afirmación es exacta hasta cierto punto, pues cuando un parásito comienza su acción sobre una plaga, ya aquellos factores han actuado sobre ella, y al aparecer el parásito se encuentra en condiciones distintas, siendo muy raro que su aparición coincida con la del huésped. Por esto es necesario hacer intervenir ambos factores, climáticos y biológicos, para aproximarnos con la mayor exactitud al conocimiento de las verdaderas causas del desarrollo de los insectos.

ESTUDIO GENERAL DE LOS FACTORES ECOLÓGICOS.—Como estos factores son muy diversos es necesario hacer de ellos una clasificación adecuada que nos ayude a concretar su importancia.

Los que actúan sobre una especie determinada pueden ser:

- a) Comunes a especies perjudiciales y útiles.
- b) Específicos de los insectos perjudiciales.
- c) Específicos de los insectos útiles.

Entre los factores a) podemos citar:

Temperatura.

Humedad.

Altura.

Mayor o menor proximidad al mar.

Presión atmosférica.

Nubosidad del cielo.

Masa de plantas huéspedes específicas.

Masa de plantas huéspedes excepcionales.

Polifagia.

Atracción o repulsión del huésped.

Facilidad de adaptación.

Entre los factores *b*), relativos a las especies perjudiciales, podemos citar, además de los indicados anteriormente, los que siguen:

Insectos protectores.

Duración de los períodos larvarios indefensos.

Afinidad con otras especies.

Desplazamiento por otras especies.

Y de los factores *c*) relacionados con los insectos útiles, además de los *a*), podemos citar:

Rapidez de evolución del insecto útil.

Coincidencia de ciclos biológicos.

Poliembrionía.

Hiperparasitismo.

Es necesario conocer el valor exacto del influjo de cada uno de ellos para poder calcular con la mayor aproximación posible el ciclo evolutivo de cualquier especie de la entomofauna de un país.

Valor del influjo térmico.—Está dado por la constante de Blunk y Bodenheimer, según la cual podemos calcular la hipérbola del desenvolvimiento de un insecto, el cero de su desarrollo y las isothermas límites de su expansión geográfica.

Su fórmula es:

$$t(T - c) = K \text{ (constante termal),}$$

en la que *t* es la duración en días del ciclo evolutivo; *T*, temperatura ambiente durante él, y *c* es el cero del desarrollo (*Entwicklungsnullpunkt*) del insecto considerado, que significa la temperatura por debajo de la cual no puede desarrollarse dicho insecto.

Por medio de esta fórmula podemos establecer la hipérbola del desarrollo de un insecto, que nos da la duración de su ciclo evolutivo a diversas temperaturas. Basta conocer el tiempo en días, de dicho ciclo a dos temperaturas *t* y *t*₁ distintas para tener:

$$t(T - c) = K$$

$$t_1(T_1 - c) = K$$

$$t(T - c) = t_1(T_1 - c)$$

$$tT - tc = t_1T_1 - t_1c$$

$$c = \frac{tT - t_1T_1}{t - t_1}$$

que es la consecuencia de la ley de Blunk¹ para las especies poiquilotermas, que dice «el producto de la duración del ciclo evolutivo por la temperatura es una cantidad constante para cada especie».

Balachowski² ha calculado el cero del desarrollo de la *Icerya purchasi* en 8,5° y ha trazado la hipérbola del desenvolvimiento. Bodenheimer³, el del *Pseudococcus citri* en 8,5°, el del *Dacus oleae* en 9,3°, el de la *Ceratitis capitata* en 13,5°, el del *Chrysomphalus aurantii* en 7,5° el macho y 14,0° la hembra. Stelwaag⁴, el de la *Clysia ambiguella* Hb. en 3°. Pemberton y Villard⁵, el del *Opius humilis* en 14,6° y el del *Diachasma tryoni* en 11,8°, etc.

También se ha establecido por Sanderson y Peairs (1913) la llamada «hipérbola recíproca», que consiste en una línea recta trazada sobre las líneas de coordenadas, en las que las ordenadas representan las temperaturas y las abscisas el índice del desarrollo, que está dado por la fórmula:

$$I_d = \frac{1}{t}$$

t = tiempo de desarrollo en días.

Esta línea corta a la ordenada en el cero del desarrollo del insecto considerado, fijando el índice del desenvolvimiento mediante la temperatura (fig. 2).

Finalmente, Van't Hoff ha calculado la dependencia de la temperatura y de las reacciones químicas de los insectos estableciendo un coeficiente según la fórmula:

$$Q = \frac{\log v_2 - \log v_1}{T_2 - T_1} \cdot 10 \quad Q_{10} = 10$$

¹ BLUNK, H.—Die Entwicklung des *Dytiscus marginalis* L. vom Eim bis zur Imago. II Teil. *Zeitschr. wiss. Zool.*, t. 121, 1923.

² Etude biologique des coccides du Basin Occidental de la Méditerranée. *Ency. Entomol.*, P. Lechevalier, 1932.

³ Über die Voraussage der Generationenzahl von Insecten. III.—Die Bedeutung des Klimas für die landwirtschaftliche Entomologie. *Zeitschr. für angew. Entom.*, 1926.

⁴ Untersuchungen im Anschluss an die Beobachtung des Falterfluges bei *Clysia ambiguella* Hubn. *Anz. Schäd.*, IX, H. 2, 1933.

⁵ Contribution to the Biology of Fruit Fly Parasites in Hawaii. *Journ. Agric. Res.*, Bd. xv, 1918.

Este fenómeno tiene mucha importancia biológica, puesto que es indudable que donde existen estas masas específicas puede vivir el insecto fitófago. Este es el caso del *Hoplocampa minuta* antes nombrado, cuya distribución geográfica en Europa está limitada por la del género *Prunus*, *Polychrosis botrana* Schiff. por la región de las viñas, *Dacus oleae* Gmel. por la del olivo y tantos otros ejemplos como podríamos citar. Las especies polífagas están en el mismo caso, aunque, como es natural por razón de su polifagía, el área de dispersión es mayor.

Es, pues, indudable que el huésped produce una atracción o repulsión sobre el insecto, que es lo que determina su especificidad, puesto que aun las especies más ampliamente polífagas se desarrollan mejor sobre ciertas plantas que sobre otras. El *Aspidiotus hederae* Vall. (Balachowsky, 1932) en Argelia vive sobre unas 150 a 200 plantas; pero en realidad la lista de las especies verdaderamente atacadas no pasa de quince; las restantes son huéspedes secundarios o excepcionales. Los ejemplos anteriormente citados sobre las especies monófagas no dejan lugar a dudas; con toda seguridad encuentran en dichas plantas sustancias que no hay en las restantes y por ello acuden exclusivamente a ellas. Seguramente la solanina ejerce, en el caso de la *Leptinotarsa*, una atracción extraordinaria, así como las *Euforbia* la ejercen sobre la *Deilephila*, y, en cambio, géneros próximos botánicamente, como *Ricinus* y *Mercurialis*, le producen una repulsión tal que causa la muerte de la oruga antes que su adaptación.

También, como decíamos anteriormente, esta atracción y repulsión se manifiesta en los insectos zoófagos, dependiendo de las sustancias que alimenten al huésped. La atracción que sufre el *Aphidius melanocephalus* Nees. por el pulgón *Anuraphis persicae* del melocotonero, el *Diaeretus brassicae* Marsh., parásito exclusivo del pulgón *Brevicorine brassicae* L., que habita solamente las Crucíferas, etc., nos indican que estas plantas poseen sustancias que absorbidas por los huéspedes son excesivamente gratas a sus parásitos o, por el contrario, producir una repulsión que les evite el ser parasitados. Poutiers¹ cita el caso de la *Icerya purchasi*, que cuando vive sobre Genistas no es atacada por el *Novius*, atribuyendo esta repulsión a la acumulación del alcaloide esparteína en el cuerpo del cóccido, que repele al *Novius*. Picard indica que la misma repulsión se produce sobre *Apanteles glomeratus* cuando se le coloca junto con las larvas de *Pieris brassicae* criadas sobre alcaparra (*Capparis spinosa* L.), y nosotros hemos podido observar que las larvas de *Ceratitis capitata* Wied., criadas sobre tomate, no son atacadas por el *Opius humilis* Silv. ni por el *Diachasma tryoni* Coms., y lo mismo podemos decir del braconido *Trioxys aceris* Hal., parásito del pulgón de las habas, *Aphis rumicis* L., en donde produce un

¹ Sur le comportement du *Novius cardinalis* vis-à-vis de certains alcaloïdes. *Comp. Rend. Soc. Biol. Marseille*, 1930.

80-85 por 100 de víctimas y la duración de su ciclo evolutivo es de ocho a diez días, y, en cambio, en este mismo pulgón cuando vive sobre remolacha parasitiza el 20-25 por 100 y el ciclo es de quince días, y del *Lysiphlebus gomezi* Quilis, parásito del pulgón negro del naranjo, *Toxoptera aurantii* Boy., sobre el cual produce un 90-95 por 100 y siete a ocho días de evolución, y cuando pasa al pulgón de las habas sólo produce un 10-15 por 100 de víctimas y su ciclo evolutivo dura dieciocho a veinte días. Back (1925) indica que la larva de *Ceratitis* cuando vive sobre naranja evoluciona en diecinueve a veinte días, en el melocotón de seis a diez y en la papaya de cinco a veinte, siendo en todos los casos la temperatura 22-25°.

El estudio de los factores restantes, coincidencia de los ciclos evolutivos, poliembrionía, rapidez de evolución, desplazamiento por otras especies, etc., aunque interesantísimos, no podemos dedicar a ello la atención debida; por eso remitimos al lector a cualquiera de los magníficos trabajos de Silvestri, Marchal, Howard, Compère, etc.; pero sí nos detendremos en el estudio de la predicción y cálculo de los ciclos evolutivos de los insectos, objeto principal de este trabajo.

Parece demostrado que cuando un insecto útil ataca a los perjudiciales se han producido una serie de condiciones óptimas para que su acción sea más eficaz. Estas condiciones lo son exclusivamente para los insectos útiles, puesto que para los perjudiciales actuaron con anterioridad; según esto, llega el momento en que el insecto-plaga presenta la máxima facilidad al parásito para su actuación, que siempre coincidirá con la aparición del insecto beneficioso. Desde este momento comienza a reducirse la plaga. Si calculamos el ciclo evolutivo de la especie-plaga y de su parásito, llegaremos a un punto de coincidencia que nos indicará el *momento de la eficacia biológica*.

Como podría observarse en una representación gráfica, el punto de coincidencia de la línea del parásito estaría muy próxima a la del desarrollo del huésped, aunque sin cortarla, lo que nos indica que los *Aphidius* no exterminan por completo la plaga, sino que algunos individuos se salvan para perpetuar la especie.

La forma de calcular el ciclo evolutivo de cada insecto requiere una serie de observaciones previas sin las cuales no es posible determinar la actividad de cada especie. Entre los datos más importantes están los que se refieren al potencial biológico de huésped y parásito, o sea la cantidad de huevos que producen cada uno, así como el número inicial de ejemplares en cada caso y la proporción de los sexos. Asimismo es condición indispensable conocer si uno o los dos son partenogenéticos y las generaciones que durante la temporada pueden tener. Es decir, precisa confirmar con una serie de detalles observados en el laboratorio o en el campo los resultados que se han de obtener por medio del cálculo matemático, pues en

muchos casos es necesario variarlo en el sentido de nuestras observaciones.

Las fórmulas que se aplican para estos cálculos son las de Thompson (W. R.) (1922), según las cuales la cantidad de huéspedes que habrá al final de la generación t es:

$$H = n h^t l - p s f \left(\frac{s^{t-1} - h^{t-1}}{s - h} \right)$$

y la cantidad de parásitos, también en la generación t ,

$$P = p s^t l$$

en las que

h = potencial biológico del huésped.

s = potencial biológico del parásito.

p = número inicial de parásitos.

n = número inicial de huéspedes.

l = número proporcional de sexos en el huésped.

f = número proporcional de sexos en el parásito.

Pero estas fórmulas sólo son exactas cuando n es muy grande (1.000 o superior) y los valores de p , s y h muy bajos, cosa que ocurre muy raramente en la naturaleza; por ello es más conveniente usar las fórmulas que siguen, del mismo autor, que son más exactas y coinciden con las observaciones experimentales.

Estas fórmulas son:

$$H = n h^t l - p s h^{t-1} f - p s^2 h^{t-2} f - \dots - p s^{t-n} f h^{t-n}$$

para los huéspedes en la generación t , y

$$P = p s^t f$$

para los parásitos de la misma generación. Pero nosotros, que las hemos manejado muchas veces, pudimos comprobar que tampoco son ciertas en todos los casos, sino sólo en aquellos en los que el parásito comienza su evolución a la vez que el huésped, es decir, cuando ambos aparecen al mismo tiempo, y cuando se comienza el cálculo con cantidades muy grandes de ejemplares, cosas ambas que también (especialmente la primera) se dan difícilmente en la naturaleza; por eso es necesario modificarlas cuando se da el caso tan frecuente y hasta normal de aparecer mucho antes la plaga que el parásito.

Uno de los casos por nosotros estudiado se refiere a la plaga de pulgón del melocotonero *Anuraphis persicae* Pass. y de su eficacísimo pará-

sito *Aphidius melanocephalus* Nees. (Hym. Brac.). En este caso, cuyos estudios de campo fueron hechos en Pedreguer (Alicante) durante el año 1929, nos encontramos con que hasta el día 20 de marzo aproximadamente no aparece la plaga del pulgón en las numerosas plantaciones de melocotoneros del término; a primeros de mayo la cantidad de pulgones era tan extraordinaria y las hojas estaban tan fuertemente arrolladas que hacían imposible todo tratamiento. El día 28 de abril encuentro los primeros *Aphidius* (dos ejemplares) en una hoja, y aunque hicimos todo lo posible para encontrar más, no pudimos conseguirlo; después ya los hallamos en mayor cantidad, y a finales de mayo o principios de junio todos los pulgones estaban parasitados por el *Aphidius*. Poco después la plaga del pulgón había desaparecido por completo y unas lluvias que hubo lavaron las hojas de tal modo que apenas quedaron restos de aquella intensísima pululación. Hasta aquí las observaciones en el campo. Los trabajos de laboratorio nos indicaron que el pulgón (hembras partenogenéticas) evolucionaba en veintiuno a veintisiete días, que tenía tres o cuatro generaciones desde marzo a julio y que el número de larvas que producía cada hembra era de 180-200 aproximadamente¹. El *Aphidius* evolucionaba totalmente en ocho a diez días, producía unos 200-350 huevos y había un 55-60 por 100 de hembras; por lo tanto:

a) Cuando aparece el *Aphidius* se han producido por lo menos dos generaciones del pulgón.

b) Mientras se produce una generación completa del pulgón, se producen dos del *Aphidius*, aproximadamente.

c) Que el pulgón produce 180 larvas por lo menos durante su vida.

d) Que el *Aphidius* da origen a 200 huevecillos, los cuales darán origen a un 55 por 100 de hembras.

Según esto, dispusimos los cálculos del siguiente modo, reformando las fórmulas de Thompson:

$$H = n h = 4 \times 180 = 720 \quad l = 1 \text{ por ser partenogenético el huésped.}$$

En la primera generación la cantidad de pulgones es:

$$H_2 = n h^2 = 4 \times 180^2 = 12.960$$

y el número de parásitos es cero por no haber aparecido aún.

En la segunda generación de pulgones,

$$P = p s f = 2 \times 1,8 \times 200 = 720^2$$

¹ Tanto esta cantidad como la de pulgones ha de ser hipotética, puesto que hemos de suponer existen en mayor número; pero en realidad son las cantidades observadas.

² Aun cuando son partenogenéticos telitóquicos y, por lo tanto, todo son hembras, para facilitar los cálculos colocamos esa relación ínfima.

así para la *Ceratitis capitata* $Q_{10} = 3$, para temperaturas 18.5° y 28.5° y $Q_{10} = 1.66$ para temperaturas 28.5° y 38.5° C. Este coeficiente es normal en relación con la temperatura cuando está situado entre 2 y 3.

Pero la temperatura obra también como agente destructor de larvas o adultos, y así dice Quaile que las larvas de *Saissetia oleae* no resisten quince minutos una temperatura de 46° . Bliss¹ indica que en California la mortalidad de *Chrysomphalus aurantii* es del 33 al 43 por 100 durante el verano y del 100 por 100 durante el invierno.

Según esto y como ya se ha demostrado numerosas veces por la mayor parte de los entomólogos, hay una temperatura máxima y otra mínima (cero del desarrollo) por encima y debajo de las cuales no es posible la vida activa del insecto.

Valor del influjo higroscópico.— Tan importante como la temperatura es la humedad, cuya influencia en la biología de los insectos es muy importante.

Son muchos los estudios que sobre dicha influencia se han hecho. Marcovith y Stanley² han definido el valor de la relación entre la temperatura y la humedad, diciendo que están en razón inversa, a mayor temperatura menor humedad se necesita para la vida de la «Mexican Bean Beetle» (*Epilachna corrupta* Muls.), y precisamente esto no sólo ocurre para dicho insecto, sino que es, a la vez, una ley climática. Desde luego que el grado de humedad para cada especie varía mucho, y aun los efectos son totalmente contrarios de unas a otras especies. Stellwaag (1933) estudia la humedad necesaria para el desarrollo del lepidóptero *Clysia ambiguella*, y resulta que a una temperatura casi constante, al aumentar la humedad, la cantidad de huevos producidos es mayor; así cuando

$t = 27.5^{\circ}$ y la humedad es $= 37\%$ el número de huevos es de 1 a 10

$t = 26.0^{\circ}$ y la humedad es $= 55\%$ el número de huevos es de 10 a 100

$t = 26.0^{\circ}$ y la humedad es $= 75\%$ el número de huevos es de 100 a 300

siendo el desarrollo óptimo de la puesta $t = 26-27^{\circ}$, $h = 73-74$ por 100; para la duración de la vida, $t = 25^{\circ}$, $h = 65$ por 100, y para el desarrollo del huevo, $t = 28^{\circ}$ y $h = 42$ por 100.

Contrasta con lo que ocurre en el desarrollo del *Pseudococcus citri*, que a una temperatura de 22.2° media³ durante el tiempo de su evolución y

¹ BLISS, C. J.; BROADBENT, B. M., y WATSON, S. A.—The Life History of the Californian Red Scale. *Journ. Econ. Entom.*, 24. 1931.

² The climatic Limitations of the Mexican Bean Beetle. *Ann. Entom. Soc. Amer.*, XXIII. Columbus, Ohio, 1930.

³ Datos obtenidos experimentalmente en las cabinas de cultivo del *Cryptolaemus montrouzieri* Muls., del Insectario de la Estación de Fitopatología Agrícola de Burjasot (Valencia).

humedad de 66,6°, su ciclo evolutivo se efectúa en veintinueve días, y, en cambio, a una temperatura de 23,1° y humedad de 87,7° dura treinta y cinco días; por lo tanto, el exceso de humedad retrasó su desarrollo.

Lean (O. B.)¹ asegura que el área de dispersión del *Locusta migratorioides* en Nigeria está limitado por el factor humedad.

Marcowith y Stanley calcularon el valor del factor humedad en la biología de los insectos por medio de la fórmula:

$$I_c = L \times \frac{L}{2} \times \left(\frac{100}{R} \right)^2$$

en la cual L es el total de días con una temperatura igual a la máxima por encima de la cual no se desarrolla el insecto, R es la cantidad de lluvia en milímetros durante el tiempo que dura la evolución del insecto, e I es el índice climático.

Todas las localidades en donde el índice climático sea el dado por esta fórmula o inferior a él, son manifiestamente favorables al desarrollo de la especie estudiada. Para la *Epilachna corrupta* este índice es de 2.000.

El dato de esta fórmula cuya obtención presenta más dificultad es el relativo a la temperatura máxima, pero fácilmente puede averiguarse, según dejamos dicho en el capítulo anterior.

Otros factores ecológicos.—La altura es otro de los factores no despreciables, puesto que son muchos los insectos que sólo viven en terrenos de una determinada elevación. Está íntimamente ligado a la vegetación huésped, en donde, como es natural, se marca más su influencia.

Balachowsky (1932) ha estudiado muy detenidamente las especies de cóccidos que viven a distintas alturas en Hoggar, y encuentra que las zonas de máxima altura (2.000-2.900 m.) están pobladas por restos de la fauna mediterránea, distintos a los encontrados en zonas de altitud media y penillanuras. Entre las especies del primer grupo cita *Chionaspis nerii* New., *Strozia striata* Marchal, *Hemiberlesia laperrinei* Balachow., etc. Entre los de altura media (1.800-2.000 m.), el *Pinaspis bilobis* New., el *Cerococcus eremobius* Scott, etc., y en las penillanuras, entre otros, *Ceroplastes mimosae* Sig., *Lecanodiaspis africana* New., *Pulvinaria serpentina* Balachow., etcétera.

Entre los mismos cóccidos hay algunas especies típicamente alpinas, como *Pseudococcus glacialis* New., encontrado en los glaciares de Courtmayer (Alpes italianos), *Ripersia montana* New., del glaciar Argentier, etc. En cambio, el *Ps. citri* no pasa nunca de las tierras bajas, llegando rara vez a los 50 metros de altitud.

¹ The effect of Climate on the Migrations and Breeding of *Locusta migratorioides* in Nigeria. *Bull. Ent. Res.*, xxii, pp. 551-569. London, 1931.

La iluminación y, por lo tanto, la nubosidad del cielo es otro de los datos necesarios para establecer el ciclo biológico de cualquier insecto. Mlle. G. Cousin¹ señala como condición indispensable para el desarrollo del díptero *Lucilia sericata* la existencia de una fuerte luminosidad, para favorecer la nutrición de la larva. Stellwaag (1933) dice que el vuelo de los adultos de *Clysia ambiguella* alrededor de los emparrados es precisamente durante los crepúsculos de la tarde y mañana, y en todo el Levante español hemos observado que el vuelo de las «palomillas de la alfalfa» *Phlictaenodes sticticallis* L. y *Nothris lotella* Comst. es precisamente durante el crepúsculo de la tarde.

El factor alimentación tiene en la biología de las especies tanta importancia como los anteriormente reseñados. Sabido es que en ello interviene principalmente la atracción del huésped sobre el insecto, pues hay algunos sobre los cuales se manifiesta con tanta intensidad que sólo atacan a una especie determinada de plantas, y que constituyen lo que podemos llamar *masa de plantas específicas*. *Lepidosaphes conchiformis* Smlin. vive exclusivamente sobre la higuera; *Eriococcus araucariae* Mask., sobre la *Araucaria*; *Aclerda berlesii* Buf., sobre caña común (*Arundo donax* L.), etcétera; pero en realidad son más numerosos los casos de ataque a una familia de plantas. Dice Lawrence-Tower (1916) que todas las especies de *Leptinotarsa* viven, exclusivamente, sobre Solanáceas y su área de dispersión es la misma que la de estas plantas; la *Deilephila euphorbiae* es conocidísima, atacando solamente a las Euforbiáceas; los *Cionus* viven casi exclusivamente sobre Escrofulariáceas; el tentredínido *Hoplocampa minuta* Christ. vive sólo sobre especies del género *Prunus* (Sprengel, 1930), etc. Hay otras muchas especies que aun atacando siempre a plantas de la misma familia, pueden alimentarse, en caso de necesidad, de otras completamente distintas, como, por ejemplo, el lepidóptero *Taragama repanda* Hub., que, siendo una especie forestal, se presentó en 1926 en los naranjales de Alcira², produciendo verdadera plaga en una planta tan distinta de su habitual alimentación como es el naranjo; por lo tanto, aquellas plantas que constituyen su medio normal de vida son las masas específicas y ésta la excepcional. Para Berlese, las especies fitófagas viven sobre dos clases de huéspedes: los primarios, o sea los específicos, y los secundarios o excepcionales, y cita el caso que indica Börner sobre el *Macrosiphum rosae* L., cuya masa de plantas específicas está formada por las especies del género *Rosa*, y las excepcionales por las de la familia Dipsacáceas, la *Schizoneura ulmi* L. en *Ul-*

¹ Sur les conditions indispensables à la nutrition et à la ponte de *Lucilia sericata* Meig. Com. Ren. Sc. Soc. Biol., 11, 1929.

² Boletín de la Estación de Patología Vegetal, año I, núm. 3, pág. 112. Madrid, 1926.

mus campestris, y como masa excepcional en *Pyrus* (raíces), *Hyalopterus arundinis* Fabr. en *Prunus* y *Phragmites*, respectivamente, etc.

Aparece entonces el *Aphidius*, cuya cantidad total al final de la generación del pulgón es:

$$fs = 360$$

de los cuales son hembras

$$H_1 = n h^3 - p s f = 4 \times 180^3 - 2 \times 200 \times 1,8 = 582.480$$

en la tercera generación de pulgones la cantidad es:

$$a) P_2 = p s^2 f = 2 \times 200^2 \times 1,8 = 144.000$$

Durante este ciclo tiene el *Aphidius* dos generaciones:

$$f s^2 = 72.000$$

de los cuales son hembras

$$b) P_3 = p s^3 f = 2 \times 200^2 \times 1,8 = 28.800.000$$

de los cuales son hembras

$$f s^3 = 14.400.000$$

En la cuarta y última generación de pulgones tenemos

$$H_4 = n h^4 - p s^2 f - p s^3 f = 104.832.000 - 28.944.000 = 75.888.000$$

y para los *Aphidius*, si pudiesen reproducirse normalmente, ya que no hay masa de huéspedes suficiente, sería:

$$p s^4 f = 3.960.000.000$$

cosa que no sucede porque antes de llegar a este número ha destruido por completo la plaga de pulgón.

Estos cálculos coinciden de un modo absoluto con los datos observados, puesto que, en efecto, las generaciones del pulgón se producen aproximadamente en los días que siguen:

Aparición del <i>Auraphis</i>	20 - III
Primera generación.....	12 - IV
Segunda generación.....	3 - V
Tercera generación.....	21 - V
Cuarta generación.....	7 - VI

y para el *Aphidius*, aproximadamente:

Aparición del <i>Aphidius</i>	28 - IV
Primera generación.....	10 - V
Segunda generación.....	21 - V
Tercera generación.....	30 - V

que, como se vería en el gráfico, hay casi una continuación ascendente no interrumpida en el aumento de pulgones, que a su vez nos muestra cómo el ascenso de la línea que representa al *Aphidius* es casi vertical, por la razón de reproducirse rápidamente, hasta llegar a un punto en donde casi corta a la línea de los pulgones, cuya fecha coincide exactamente con la época (cerca del 30 de mayo) en que nuestras observaciones nos dicen que la plaga del pulgón ha desaparecido totalmente por estar parasitado.

Muchas veces hemos repetido estos cálculos para otras plagas y parásitos y siempre, previas las observaciones en el campo y laboratorios para obtener los datos operatorios, conocimos el ciclo evolutivo completo con anterioridad a su terminación biológica y con más exactitud que si hubiésemos hecho las investigaciones pertinentes, evitando con ello equivocar y repetir observaciones y experiencias siempre difíciles de efectuar.